

І. Р. Мисула, В. В. Лотоцький, Л. Я. Федонюк, О. М. Смачило, О. М. Сопель
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. Я. ГОРБАЧЕВСЬКОГО
МОЗ УКРАЇНИ

ВПЛИВ ПИТНОЇ ВОДИ З РІЗНИМ ВМІСТОМ СТЕАРАТУ КАЛІЮ В КОМБІНАЦІЇ З ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ НА ПОКАЗНИКИ АНТИОКСИДАНТНОЇ СИСТЕМИ В ОРГАНІЗМІ ЩУРІВ

Вступ. Часто, потрапляючи у водойми в складі стічних вод, сполуки важких металів можуть контактувати з іншими пріоритетними забруднювачами поверхневих вод, у тому числі з поверхнево-активними речовинами, які є основними компонентами всіх пральних порошків.

Мета дослідження – вивчити вплив питної води з різним вмістом стеарату калію ізольовано та в комбінації з кадмієм, міддю і марганцем на показники антиоксидантної системи.

Методи дослідження. Дослід проводили на 78 білих щурах-самцях масою 180–200 г, яких поділили на контрольну групу (6 щурів, які споживали питну воду з міського водогону) і три дослідних групи (по 24 тварини в кожній, які добровільно споживали питну воду з таким вмістом стеарату калію: 1-ша група – 125,0 мг/л, що дорівнювало максимально недіючій дозі (МНД) речовини; 2-га – 62,5 мг/л (або 1/2 МНД); 3-тя – 31,2 мг/л (або 1/4 МНД). Через 25 днів від початку експерименту кожну дослідну групу поділили на чотири підгрупи по 6 щурів у кожній, яким було внутрішньошлунково введено кадмію хлорид, марганцю хлорид та міді сульфат у дозах 1/20 від LD_{50} відповідно. Тварин виводили з експерименту під тіопентал-натрієвим наркозом через 30 днів від початку дослідження. Для оцінки антиоксидантної системи визначали супероксиддисмутазу і каталазу активність у гомогенаті печінки за стандартними методиками.

Результати й обговорення. Споживання щурами питної води з вмістом стеарату калію в кількості, що дорівнює МНД та 1/2 МНД, негативно впливало на стан клітинних мембран гепатоцитів, про що свідчило пригнічення активності ензимів антиоксидантного захисту. Комбінація стеарату калію з важкими металами навіть після одноразового введення останніх посилювала їх токсичну дію, на що вказувало пригнічення активності антиоксидантної системи, більш виражене під впливом кадмію хлориду.

Висновок. Споживання питної води зі стеаратом калію в концентрації 125,0 та 62,5 мг/л посилює токсичну дію важких металів на організм щурів. Тому при тривалому споживанні питної води навіть із незначним вмістом синтетичних поверхнево-активних речовин на тлі важких металів з часом виникає потенційний ризик розвитку патологічних процесів в окремих органах (серці, печінці, нирках), що загрожує здоров'ю населення.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: питна вода; забруднення; важкі метали; поверхнево-активні речовини; щури; гомогенат печінки; антиоксидантна система.

ВСТУП. Забезпечення населення якісною питною водою в Україні впродовж багатьох років залишається актуальною проблемою, а в ряді регіонів – набуває кризового характеру [1]. Причинами забруднення поверхневих вод є скиди забруднених комунально-побутових і промислових стічних вод безпосередньо у водні об'єкти, стоки тваринницьких комплексів тощо. Найпоширенішими забруднювачами протягом останніх років залишаються органічні сполуки, нафтопродукти, феноли, поверхнево-активні речовини та важкі метали. За даними Національної доповіді про якість питної води та стан питного водо-

постачання в Україні, разом із стічними водами до поверхневих водойм у 2021 р. скинуто 47,62 тис. тонн нітратів, 1,75 тис. тонн нітритів, 244,2 тонн нафтопродуктів, 6 тис. тонн азоту амонійного, 176,6 тонн синтетичних поверхнево-активних речовин, 397,4 тонн заліза, 6242,7 тонн фосфатів тощо [2]. А оскільки близько 80 % населення України для водопостачання використовують поверхневу воду, то це створює проблему з якістю питної води, адже існуючі водоочисні споруди практично не можуть усунути дані техногенні хімічні речовини.

При потраплянні з питною водою і продуктами харчування в організм важкі метали можуть викликати дисбаланс різноманітних фізіологіч-

© І. Р. Мисула, В. В. Лотоцький, Л. Я. Федонюк, О. М. Смачило, О. М. Сопель, 2023.

них процесів на макро-, мікро- та ультраструктурних рівнях. Надлишкова їх кількість впливає на органели і компоненти клітини, клітинну мембрану й ензими [3]. Токсичність металів викликає утворення вільних радикалів, які спричиняють ушкодження ДНК, зміну сульфгідрильного гомеостазу і пероксидне окиснення ліпідів. Часто, потрапляючи у водойми в складі стічних вод, сполуки важких металів можуть контактувати з іншими пріоритетними забруднювачами поверхневих вод, у тому числі з поверхнево-активними речовинами, які є основними компонентами всіх пральних порошоків [4]. Останні вважають малотоксичними для тварин і людини, проте у високих дозах вони можуть проявляти інактивуючий або стимулювальний ефект на ензимні системи, порушувати обмінні процеси в печінці, нирках, шлунково-кишковому тракті, кровотворній та нервовій системах. Ці активні хімічні сполуки, потрапляючи в організм, руйнують живі клітини шляхом порушення багатьох біохімічних процесів [5, 6]. В експериментах на тваринах учені встановили, що вони істотно змінюють інтенсивність окисно-відновних реакцій, впливають на активність ряду найважливіших ензимів, порушують білковий, вуглеводний і жировий обмін. До них належить і стеарат калію (СК).

Мета дослідження – вивчити вплив питної води з різним вмістом стеарату калію ізольовано та в комбінації з кадмієм, міддю і марганцем на показники антиоксидантної системи.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ. Дослід проводили на 78 білих щурах-самцях масою 180–200 г, яких утримували на стандартному раціоні віварію Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського МОЗ України з вільним доступом до води. Тварин поділили на контрольну групу (К, 6 щурів, які споживали питну воду з міського водогону) і три дослідних групи (по 24 тварини в кожній, які добровільно споживали питну воду з таким вмістом СК: 1-ша група – 125,0 мг/л, що дорівнювало максимально недіючій дозі (МНД) речовини; 2-га – 62,5 мг/л (або 1/2 МНД); 3-тя – 31,2 мг/л (або 1/4 МНД). Через 25 днів від початку експерименту кожну дослідну групу поділили на чотири підгрупи по 6 щурів у кожній, яким було внутрішньошлунково введено кадмію хлорид (Cd), марганцю хлорид (Mn) та міді сульфат (Cu) в дозах 1/20 від LD_{50} відповідно.

Групи відбирали методом рандомізації. Експерименти проводили відповідно до Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей (Страсбург, 1986) [7], норм біомедич-

ної етики, Загальних етичних принципів експериментів на тваринах, ухвалених на Першому національному конгресі з біоетики (Київ, 2001). Тварин виводили з експерименту під тіопенталнатрієвим наркозом через 30 днів від початку досліду.

Для оцінки впливу питної води з різним вмістом стеарату калію ізольовано та в комбінації з кадмієм, міддю і марганцем на показники антиоксидантної системи визначали супероксиддисмутазу (СОД) та каталазу (КАТ) активність у гомогенаті печінки за стандартними методиками [8]. Статистичну обробку даних проводили за допомогою програми STATISTICA 10. Порівнювали отримані показники за U-критерієм Манна – Уїтні. Зміни були статистично значущими при $p \leq 0,05$ [9].

РЕЗУЛЬТАТИ Й ОБГОВОРЕННЯ. При споживанні тваринами 1-ї групи питної води з вмістом СК 125,0 мг/л відзначено зниження КАТ і СОД активності у 2,0 рази ($p < 0,05$). У щурів 2-ї групи, які споживали питну воду з вмістом СК 62,5 мг/л, КАТ активність зменшилася в 1,2 рази порівняно з контрольною групою, а СОД активність – в 1,5 рази. У 3-й групі обидва показники майже не відрізнялися від контрольних величин (рис. 1).

Введення щурам вищеописаних груп міді сульфату в дозі 1/20 від LD_{50} призвело до таких змін. У тварин 1-ї групи, які споживали питну воду з вмістом СК 125,0 мг/л у комбінації з міді сульфатом, відзначено достовірне ($p < 0,05$) зниження обох показників в 1,8 рази. У щурів 2-ї групи, які споживали питну воду з вмістом СК 62,5 мг/л у комбінації з міді сульфатом, пригнічення показників було менш вираженим – КАТ активність знизилася в 1,4 рази ($p < 0,1$), СОД активність практично не змінилася. У тварин 3-ї групи, які споживали питну воду з вмістом СК 31,2 мг/л у комбінації з міді сульфатом, зміни були несуттєвими і показники мало відрізнялися від контрольних величин.

Отримані результати досліджень показали, що введення щурам марганцю хлориду на тлі споживання питної води з різним вмістом СК призвело до пригнічення активності обох показників (рис. 2). У тварин 1-ї групи, які споживали питну воду з вмістом СК 125,0 мг/л у комбінації з марганцю хлоридом, КАТ активність зменшилася в 1,9 рази ($p < 0,01$), у щурів 2-ї групи – в 1,2 рази порівняно з контрольною групою. Щодо СОД активності, то спостерігали такі зміни: у тварин 1-ї групи вона знизилася у 2,4 рази ($p < 0,01$), у щурів 2-ї групи – в 1,8 рази. У тварин 3-ї групи обидва показники суттєво не відрізнялися від контрольних величин.

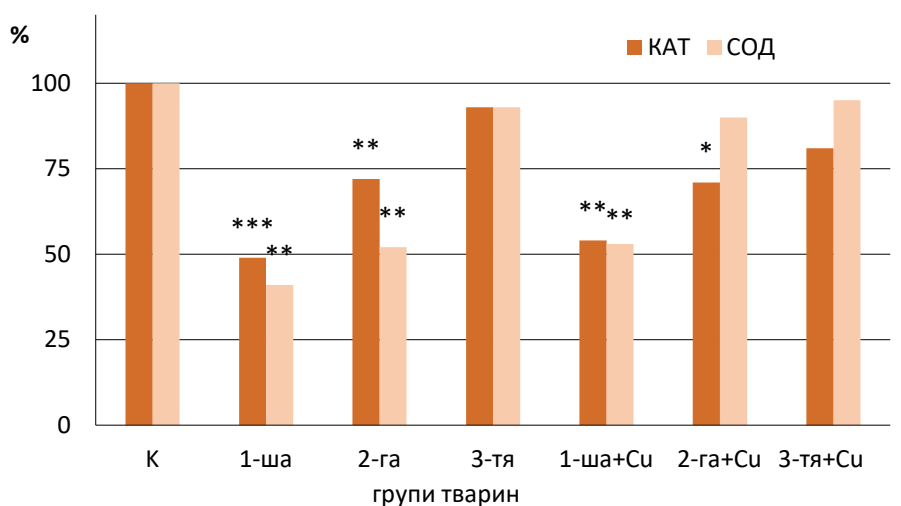


Рис. 1. Зміни показників антиоксидантного захисту в гомогенаті печінки щурів, які споживали питну воду з різним вмістом стеарату калію в комбінації з міді сульфатом, % до контролю.

Примітка. * – достовірність відмінностей показників дослідних і контрольної груп (* – $p < 0,1$; ** – $p < 0,05$, *** – $p < 0,01$).

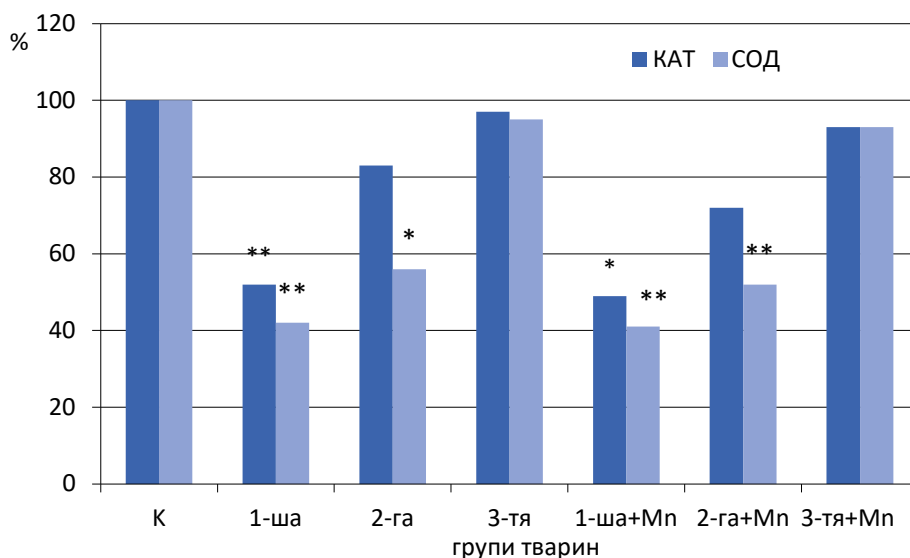


Рис. 2. Зміни показників антиоксидантного захисту в гомогенаті печінки щурів, які споживали питну воду з різним вмістом стеарату калію в комбінації з марганцю хлоридом, % до контролю.

Примітка. * – достовірність відмінностей показників дослідних і контрольної груп (* – $p < 0,1$; ** – $p < 0,05$).

Введення щурам вищеописаних груп кадмію хлориду в дозі $1/20$ від LD_{50} призвело до таких змін. У тварин 1-ї групи, які споживали питну воду з вмістом СК 125,0 мг/л у комбінації з кадмію хлоридом, відзначено достовірне ($p < 0,05$) зниження КАТ активності в 1,8 раза, а СОД активності – у 2,3 раза. У щурів 2-ї групи, які споживали питну воду з вмістом СК 65,5 мг/л у комбінації з кадмію хлоридом, пригнічення обох показників було менш вираженим – вони знизилися в 1,4 раза ($p < 0,1$). У тварин 3-ї групи, які споживали питну воду з вмістом СК 31,2 мг/л у комбінації з кадмію хлоридом, спостерігали достовірне зменшення активності ензимів: КАТ активності – в 1,4 раза, а СОД активності – в 1,3 раза порівняно з контрольними величинами (рис. 3).

Таким чином, споживання щурами питної води з вмістом стеарату калію в кількості, що дорівнює МНД та $1/2$ МНД, негативно впливало на стан клітинних мембран гепатоцитів, про що свідчило пригнічення активності ензимів антиоксидантного захисту. Ці зміни можуть бути неспецифічною патогенетичною ланкою формування змін в організмі за змодельованих умов, а зрив антиоксидантного захисту внаслідок такого впливу сприяє посиленню руйнації мембран та порушенню структурних і функціональних їх властивостей. Комбінація СК з важкими металами навіть після одноразового введення останніх посилювала їх токсичну дію, на що вказувало більш виражене пригнічення активності антиоксидантної системи.

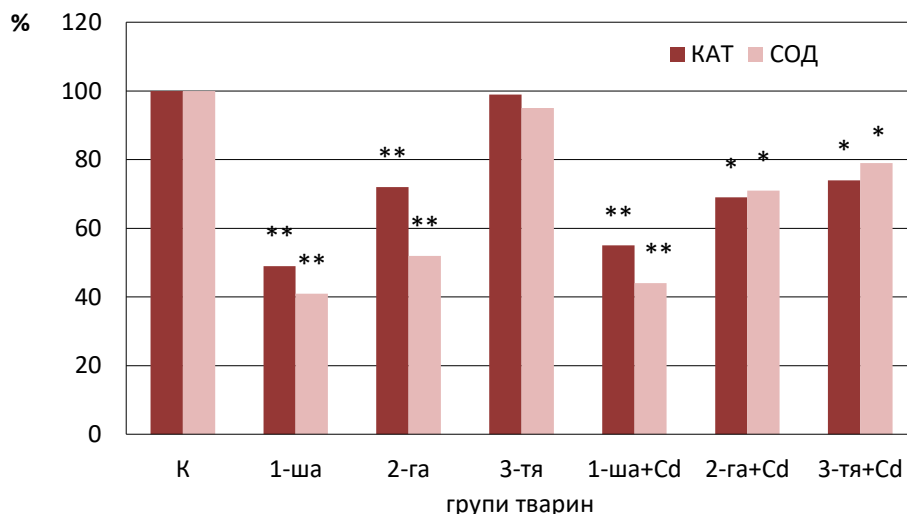


Рис. 3. Зміни показників антиоксидантного захисту в гомогенаті печінки щурів, які споживали питну воду з різним вмістом стеарату калію та субтоксичні дози кадмію хлориду, % до контролю.

Примітка. * – достовірність відмінностей показників дослідних і контрольної груп (* – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$).

ВИСНОВОК. Споживання питної води зі стеаратом калію в концентрації 125,0 та 65,5 мг/л посилює токсичну дію важких металів на організм щурів. Тому при тривалому споживанні питної води навіть із незначним вмістом синтетичних

поверхнево-активних речовин на тлі важких металів з часом виникає потенційний ризик розвитку патологічних процесів в окремих органах (серці, печінці, нирках), що загрожує здоров'ю населення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лотоцька О. В. Оцінка ризику споживання питної води з підвищеним вмістом нітратів на здоров'я населення Тернопільської області / О. В. Лотоцька, В. О. Прокопов // Довкілля і здоров'я. – 2018. – № 4. – С. 21–25.

2. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2021 році [Електронний ресурс] / Міністерство розвитку громад та територій України. – К., 2022. – 381 с. – Режим доступу : <https://mtu.gov.ua/content/nacionalna-dopovid-pro-yakist-pitnoi-vodi-ta-stan-pitnogo-vodopostachannya-v-ukraini.html>.

3. Briffa J. Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans / J. Briffa, E. Sinagra, R. Blundell // Heliyon. – 2020. – 6 (9).

4. Прокопчук О. І. Важкі метали у малих річках Тернопільщини з різним рівнем антропогенного навантаження [Електронний ресурс] / О. І. Прокопчук, В. В. Грубінко // Вісн. Дніпропетр. ун-ту. Серія "Біологія. Екологія". – 2016. – Вип. 24 (1). – С. 173–181. –

Режим доступу : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vdube_2016_24\(1\)_23](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vdube_2016_24(1)_23) (дата звернення : 01.05.2023).

5. Study on Characteristics and Harm of Surfactants / C. L. Yuan, Z. Z. Xu, M. X. Fan [et al.] // Chem. Pharm. Res. – 2014. – 6. – P. 2233–2237.

6. Environmental risks and toxicity of surfactants: overview of analysis, assessment, and remediation techniques / S. O. Badmus, H. K. Amusa, T. A. Oyehan, T. A. Saleh // Environmental Science and Pollution Research, – 2021. – 28. – P. 62085–62104.

7. European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. – Council of Europe, Strasbourg, 1986. – 53 p.

8. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині : довідник / [В. В. Влізла, Р. С. Федорук, І. Б. Ратич та ін.] ; за ред. В. В. Влізла. – Львів : СПОЛОМ, 2012. – 764 с.

9. Біостатистика : підручник / [В. Ф. Москаленко, О. П. Гульчій, М. В. Голубчиков та ін.] ; за ред. В. Ф. Москаленка. – К. : Книга плюс, 2009. – 184 с.

REFERENCES

1. Lototska, O.V. (2018). The influence of drinking water with different contents of potassium and sodium stearates on free radical processes in the body of rats. *Medical and Clinical Chemistry*, (1), 130-135 [in Ukrainian].

2. (2021). *National report on the quality of drinking water and the state of drinking water supply in Ukraine in 2020*. Ministry of Development of Communities and Territories of Ukraine. Kyiv [in Ukrainian].

3. Briffa, J., Sinagra, E., & Blundell, R. (2020). Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon*, 6 (9).
4. Prokopchuk, O.I., Grubinko, V.V. (2016). Heavy metals in small rivers of Ternopil Oblast with different levels of anthropogenic load. *Bulletin of Dnipropetrovsk University. Series: Biology. Ecology*, (24 (1)), 173-181 [in Ukrainian]
5. Yuan, C.L., Xu, Z.Z., Fan, M.X., Liu, H.Y., Xie, Y.H., & Zhu, T. (2014). Study on characteristics and harm of surfactants. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 6 (7), 2233-2237.
6. Badmus, S.O., Amusa, H.K., Oyehan, T.A., & Saleh, T.A. (2021). Environmental risks and toxicity of surfactants: overview of analysis, assessment, and remediation techniques. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-20.
7. (1986). *European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes*. Council of Europe, Strasbourg.
8. Vlizlo, V.V., Fedoruk, R.S., Ratysh, I.B. (2012). *Laboratory research methods in biology, animal husbandry and veterinary medicine: a handbook* [in Ukrainian]
9. Moskalenko, V.M., Gulchii, O.P., Golubchikov, M.V. (2009). *Biostatistics*. Kyiv: The book is a plus. [in Ukrainian].

Отримано 25.08.2023

Адреса для листування: В. В. Лотоцький, Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України, майдан Волі, 1, Тернопіль, 46001, Україна, e-mail: lototskyu@tdmu.edu.ua.

I. R. Mysula, V. V. Lototskyi, L. Ya. Fedoniuk, O. M. Smachilo, O. M. Sopol
I. HORBACHEVSKY TERNOPIL NATIONAL MEDICAL UNIVERSITY

THE INFLUENCE OF DRINKING WATER WITH DIFFERENT CONTENTS OF POTASSIUM STEARATE IN COMBINATION WITH HEAVY METALS ON INDICATORS OF THE ANTIOXIDANT SYSTEM IN RATS

Summary

Introduction. Often falling into reservoirs as part of wastewater, heavy metal compounds can come into contact with other priority surface water pollutants, including surface-active substances, which are the main components of all washing powders.

The aim of the study – to investigate the effect of drinking water with different contents of potassium stearate in isolation and in combination with cadmium, copper and manganese on the indicators of the antioxidant system.

Research Methods. The experiment was carried out on 78 white male rats weighing 180–200 g, which were divided into a control group (6 rats) that consumed drinking water from a city tap and three experimental groups of 24 animals in each that voluntarily consumed drinking water with SC content in the following quantities: group 1 – 125.0 mg/l, which was equal to the maximum inactive dose (MID) of the substance, group 2 – 62.5 mg/l (or ½ MID), group 3 – 31.2 mg/l (or ¼ MID). 25 days after the start of the experiment, each experimental group was divided into 4 subgroups of 6 rats each, which were intragastrically injected with cadmium chloride, manganese chloride, and copper sulfate in doses of 1/20 of the LD50, respectively. Animals were removed from the experiment under sodium thiopental anesthesia 30 days after the start of the experiment. To evaluate the antioxidant system, the level of superoxide dismutase (SOD) and catalase (CT) in the liver homogenate was determined according to standard methods.

Results and Discussion. Drinking water containing potassium stearate in amounts equal to MID and ½ MID by rats had a negative effect on the state of cell membranes of hepatocytes, as evidenced by inhibition of the activity of antioxidant defense enzymes. The combination of SC with heavy metals, even after a single administration of the latter, increased their toxic effect, which was evidenced by a more pronounced inhibition of AOS activity, which was more pronounced under the influence of cadmium chloride.

Conclusion. The use of drinking water with potassium stearate in concentrations of 125.0 and 62.5 mg/l increases the toxic effect of heavy metals on the body of rats. Therefore, with long-term consumption of drinking water, even with a small content of synthetic surface-active substances against the background of heavy metals, over time there is a potential risk of developing pathological processes in certain organs (heart, liver, kidneys), which threatens the health of the population.

KEY WORDS: drinking water; pollution; heavy metals; surfactants; rats; liver homogenate; antioxidant system.